

مساهمة علماء المسلمين

ف علم الديناميكا

الدكتور جلال شوقي

الأستاذ بكلية الهندسة

جامعة القاهرة

لقد ساهم علماء المسلمين وفلاسفتهم إسهامات أصيلة وهامة في كافة مجالات العلم والمعرفة . وإن آلاف المخطوطات العربية التي تقبع في خزانات الكتب العامة والخاصة لم يخبر دليل على رفعة العلم العربي وعلو مكانته ، وإن ما درس منها حتى يومنا هذا لا يتعدى النذر اليسير ، فما بالنا لو أننا أفردنا مزيداً من الاهتمام بتراثنا العظيم .

إن مناسبة مرور أربعة عشر قرناً من الزمان على هجرة الرسول هي مناسبة جليلة حقاً ، فلا غرو أن تسعى مؤسسات علمية كثيرة إلى الاحتفال بها بوسائل متنوعة ، ولو أنا شارك هنا في هذه المناسبة بتقديم دراسة موجزة لمساهمة علماء المسلمين في مجال هام من مجالات البحث العلمي ، ألا وهو مجال « علم الحركة » أو « علم الديناميكا » على حد التعبير الشائع .

لم يبدأ العرب دراساتهم العلمية من فراغ ، وإنما بدأوا بنقل ما توصلت إليه الحضارات السابقة على الفتح العربي إلى لغة القرآن ، ومن ثم فقد نشطت حركة النقل من اليونانية والفارسية والسريانية والسنسكريتية وغيرها في صدر الحضارة العربية ، وقد أولى الخلفاء والولاة حركة الترجمة هذه اهتماماً بالغاً ، حيث أسس الخليفة المأمون (٨١٣ - ٨٣٣ م) « بيت الحكمة » في بغداد ، جمع فيه المشتغلين بالعلم ، وأضفى عليهم رعايته ، فكان لهذه الحركة الفكرية أبلغ الأثر في حفظ تراث الأقدمين بوجه عام والتراث الإغريقي على وجه الخصوص ، وهذا فضل - في حد ذاته - جد عظيم . ولكن العرب لم يكتفوا بالنقل ، وإنما عكفوا على دراسة ما نقلوه دراسة دقيقة مستفيضة .

فاستوعبوا علوم الأولين وأصبحوا في موقف يسمح لهم بإضافة الجديد المبتكر ، وما أن مضى على الفتوحات العربية قرنان من الزمان حتى بدأت بشائر العلم العربي تلوح في الأفق ، وتوالى ظهور المؤلفات العربية حتى وصلت الحضارة الإسلامية إلى قمتها في القرن الرابع الهجري (العاشر والحادي عشر الميلادي) فكان بحق العصر الذهبي للعلوم والمعارف الإسلامية .

وتعرض دراستنا إلى التعريف بمفهوم العلم الطبيعي في الحضارة الإسلامية ، حيث إنَّ هذا العلم قد تضمنَ فيما تضمنَ علمَ الميكانيكا (علم السكون وعلم الحركة) ، وتشير الدراسة إلى أهم العلماء والفلاسفة المسلمين ممن اشتغل بدراسة حركة الأجسام ، وأرسى قواعد هذا العلم ، من أمثال الشيخ الرئيس ابن سينا والحسن بن الهيثم وابن مَلْكَا البغدادي والإمام فخر الدين الرازي وغيرهم . تعرج الدراسة بعد ذلك إلى مفهوم الحركة وعناصرها وأنواعها وأقسامها ، كذا كمية الحركة وقوانين الحركة ، ويستطرد البحث إلى بيان معاوقات الحركة من قوة الاحتكاك ومقاومة الوسط المنفذ فيه واستحالة الحركة الدائمة ، وتختتم هذه الدراسة الموجزة بتقديم نماذج للكتابات العربية فيما يخص حركة المقذوفات ، الطبيعية منها والقسرية ، كذا اجتماع الحركتين الطبيعية والقسرية . كذلك تعرض الدراسة للحركة انتوجية للصوت والصدى ، ولحركة الضوء الذي يسرى بسرعة فائقة .

التعريف بالطبيعيّات

يقول هبة الله بن ملكا البغدادي في كتابه «المُعْتَبِر في الحكمة» (١) :
«..... فعلى هذا يسهل طريق التعليم الحكيم الذي يكون بالنظر والاستدلال .
وهذا القانون بعينه يُستعمل في هذا العلم المُسمّى بالعلم الطبيعي ، المنسوب إلى الطبيعة .

وهو المشتمل على العلم يسائر المحسوسات من الحركات والمتحرّكات والمحركات ،
ومامع الحركات وبالحرركات والمتحرّكات ، وفي المتحرّكات من الآثار المحسوسة .

.....

والعلوم الطبيعية هي العلوم الناطقة في هذه الأمور الطبيعية ، فهي الناطقة في كلّ
متحرك وساكن ، وما عنه ، وما به ، وما منه ، وما إليه ، وما فيه الحركة
والسكون» .

عن الطبيعيات يقول ابن خلدون في مقدمته (٢) :

«وهو علم يبحث عن الجسم من جهة ما يلحقه من الحركة والسكون .

.....

وأوعب من ألف في ذلك ابن سينا في كتاب الشفاء ، جمع فيه العلوم السبعة
للفلاسفة كما قدّمنا ، ثمّ لحّصه في كتاب التّجاء ، وفي كتاب الإشارات .
وكانه يخالف أرسطو في الكثير من مسائلها ، ويقول برأيه فيها .

.....

ولأهل المشرق عناية بكتاب الإشارات لابن سينا ، وللإمام ابن الخطيب عليه
شرح حسن ، وكذا الأمدى ، وشرحه أيضاً نصير الدين الطوسي المعروف بنجوة من
أهل المشرق ، وبحث مع الأمام في كثير من مسائله . فأوفى على أنظاره وبُحْوثه .

(١) مخطوط مكتبة أحمد الثالث رقم ٣٢٢٢ - المجلد الثاني - الفصل الأول - الورقة ٣ .

(٢) الطبعة الخامسة لدار الكتاب العربي ، بيروت ، صفحة ٤٩٢ .

الحركة والسكون

يقول إخوان الصفا في رسالتهم الخامسة عشر :
« وأما الحركة التي تسمى النقلة ، فهي عند جمهور الناس الخروج من مكان إلى مكان آخر..... »

ثم اعلم أنه لا تنفصل حركة عن حركة إلا بسكون بينهما ... »
وفي معرض الحديث عن أنواع الحركة ، يقول إخوان الصفا في رسالتهم السادسة عشر :

« والحركات ستة أنواع أحدها الثقل ، وهي نوعان : دورية ومستقيمة
وأتى الحركات الدورية كما بيّنا في رسالة الحركات . »

ويشير إخوان الصفا إلى أن الجسم - عند غياب المؤثرات الخارجية - يكون بالسكون أولى من الحركة ، حيث يوردون في رسالتهم الرابعة والعشرين قولهم :
« بيان ذلك أن الجسم بالسكون أولى من الحركة ، هو أن الجسم ذو جهات ستة ، ولا يمكنه أن يتحرك إلى جميع الجهات دفعة واحدة ، وليست حركته إلى جهة أولى من جهة ، فإذا السكون أولى به من الحركة . »

عناصر الحركة

عن عناصر الحركة يقول ابن سينا في كتابه « الشفاء » (٣) :
المتحرك ، والمحرك ، وما فيه ، وما منه ، وما إليه ، والزمان « بذلك حدّد ابن سينا ستة أمور تتعلق بالحركة هي الجسم المتحرك ، والشئ المحدث للحركة أى القوة المسببة للحركة ، وموضع الجسم ، ومكانا بداية ونهاية الحركة ، والفترة الزمنية التي استغرقتها الحركة .

(٣) طبيعيات الشفاء - المقالة الثانية - الفصل الأول .

الحركة الانتقالية والحركة الوضعية

وعن تقسيم الحركة إلى حركة انتقالية وحركة وضعية ، يقول ابن مَلْكَا البغدادى فى كتابه «المعتبر فى الحكمة»^(٤) :

«..... والحركة تُقال على وجوه :

فمنها الحركة المكانية : وهى التى بها ينتقل المتحرك من مكانٍ إلى مكان ،
ومنها الحركة الوضعية : وهى التى تبدل بها أوضاع المتحرك ، وتنتقل أجزأه فى اجزا مكانه ، ولا يُخرجُه عن جملة مكانه ، كالدولاب والرحا....»

الحركة الطبيعية والحركة القسرية

كذلك فقد فرّق فلاسفة العرب وعلمائهم بين الحركة الطبيعية والحركة القسرية ، فبالحركة الطبيعية كانوا يقصدون حركة الجسم إلى موضعه الطبيعى ، كأن يهبط جسم من علو تحت تأثير جذب الأرض له ، ومن ثمّ فالحركة الطبيعية عندهم تتشثل فى حركة الثقل إلى أسفل وحركة الخفيف إلى أعلى ، أما الحركة القسرية فهى الحركة الناشئة عن فعل قوة قاهرة تُخرج الجسم عن وضعه الطبيعى كقذف الشئ مثلاً ، كذلك فقد وقف العرب على اجتماع الحركتين الطبيعية والقسرية كما فى حالة حركة السهام التى تتعرض لقوة دفع الرامى كما أنها تقع تحت تأثير قوة جذب الأرض . وكتابات علماء المسلمين ترزخر بنصوص عديدة تشرح هذه المفاهيم نقدم منها بعض أمثلة فيما يلى :

يقول الشيخ الرئيس ابن سينا فى «الرسالة الأولى فى الطبيعيات من عيون الحكمة» :

«وكلُّ جسمٍ متحركٍ فحركته إما من سببٍ من خارجٍ وتسمى حركة قسريّةً ، وإما من سببٍ فى نفس الجسم ، إذ الجسم لا يتحرك بذاته ، وذلك السببُ إن كان محرّكاً على جهةٍ واحدةٍ على سبيل التسخير فيسمى طبيعةً.....»

(٤) مخطوط مكتبة أحمد الثالث - رقم ٣٢٢٢ - المجلد الثانى - الفصل التاسع ، الورقة ٢٦ .

ويقول هبة الله بن ملكا البغدادي في كتابه «المختصر في الحكمة» (٥) :
«..... فَإِنَّ الْحَرَكَةَ إِمَّا طَبِيعَةً وَإِمَّا قَسْرِيَّةً ، وَالْقَسْرِيَّةُ يَتَقَدَّمُهَا الطَّبِيعِيَّةُ . لِأَنَّ
الْمَقْسُورَ هُوَ مَقْسُورٌ عَنْ طَبْعِهِ إِلَى طَبْعِ قَاسِرِهِ» .

ويقول ابن ملكا في موضع آخر من كتابه (٦) :
«..... فَبِهَذَا يُعْلَمُ أَنَّ لِكُلِّ جِسْمٍ طَبِيعِيَّ حَيِّزًا طَبِيعِيًّا ، فِيهِ يَكُونُ بِالطَّبْعِ ، وَإِلَيْهِ
يَنْحَرِكُ إِذَا أُزِيلَ عَنْهُ .

وهذا الحيِّز ليس هو للجسم بِجِسْمِيَّتِهِ الَّتِي لَا يُخَالِفُ بِهَا غَيْرَهُ مِنَ الْأَجْسَامِ ، بَلْ
بِصِفَةِ خَاصَةٍ بِهِ هِيَ طَبِيعَةُ قُوَّةٍ أَوْ صُورَةٍ خَاصَةٍ بِذَلِكَ الْجِسْمِ ، خَصَّتُهُ بِذَلِكَ الْحَيِّزِ
وَحَرَكَتُهُ إِلَيْهِ .

فَتِلْكَ الطَّبِيعَةُ الْخَاصَّةُ فِي ذَلِكَ الْجِسْمِ مَبْدَأُ حَرَكَةِ بِالطَّبْعِ وَسُكُونٍ بِالطَّبْعِ .
وَالْتَحْرِيكُ النُّقْلِيُّ الْمَكَانِيُّ إِنَّمَا يَكُونُ عَنْهَا بَعْدَ سَبَبٍ طَارِئٍ يُخْرِجُ الْجِسْمَ عَنْ حَيِّزِهِ
الطَّبِيعِيِّ ، فَتَحْرُكُوبُهُ هِيَ إِلَيْهِ .»

بهذه الكلمات يقدم لنا هبة الله بن ملكا البغدادي صورة واضحة المعالم للصفة
الطَّبِيعِيَّةِ الَّتِي فِي الْجِسْمِ وَالَّتِي تَحَافِظُ عَلَى وَجُودِهِ فِي حَيِّزِهِ ، وَالَّتِي تُعِيدُهُ إِلَيْهِ إِذَا مَا أُزِيلَ
عَنْهُ ، وَتَكُونُ حَرَكَتُهُ هَذِهِ هِيَ حَرَكَتُهُ الطَّبِيعِيَّةُ الَّتِي بِهَا يَسْتَعِيدُ وَضْعَهُ الطَّبِيعِيَّ ،
وهذه السَّمةُ الطَّبِيعِيَّةُ الَّتِي يَشِيرُ إِلَيْهَا ابْنُ مَلِكَا تَدْخُلُ وَلَا شَكَّ ضَمْنَ مَعَانِي مَا اصْطَلَحْنَا
الْيَوْمَ عَلَى تَسْمِيئِهِ «بِالْقَانُونِ الْأَوَّلِ لِلْحَرَكَةِ» .

ويشير الإمام فخر الدين الرازي إلى الحركتين الطَّبِيعِيَّةِ وَالْقَسْرِيَّةِ فِي كِتَابِهِ «الْمُبَاحِثُ
الْمَشْرِقِيَّةُ فِي عِلْمِ الْإِلَهِيَّاتِ وَالطَّبِيعِيَّاتِ» فيقول (٧) :

(٥) مخطوط مكتبة أحمد الثالث رقم ٣٢٢٢ - المجلد الثاني ، الفصل الرابع عشر ، الورقتان ٤٧ و ٤٨ .

(٦) نفس المرجع السابق ، المجلد الثاني ، الفصل السادس والعشرون ، الورقة ١٠٢ .

(٧) الكتاب الثاني ، الفن الخامس ، الفصل الخامس والأربعون ، صفحة ٦٢١ .

«..... وإن كانت الحركة حاصلةً فيه ، فإمّا أن يكون سببها شيئاً موجوداً في الجسم ، أو يكون سبب تلك الحركة خارجاً عن ذات المحرك ، والقسم الأول هو الحركة الطبيعية ، والقسم الثاني هو الحركة القسرية»

ارتباط الحركة بالزمان - سرعة الضوء

قرر علماء المسلمين أن الحركة ترتبط بالزمان ، وأنه يستحيل حدوث حركة في غير فترة زمنية محددة مهما قصرت ، وقد جاءت هذه المعاني في مواضع كثيرة من الكتابات العربية ، منها على سبيل المثال ما جاء بكتاب «التحصيل»^(٨) لبهمنيار بن المرزبان : «..... وكل سرعة في زمان ، لأن كل سرعة هي في قطع مسافة ، أو ما يجري بجري المسافة ، وكل ذلك في زمان .

فلو كانت حركة لا نهاية لها في السرعة ، لكان زمان لا نهاية له في القصر ، فكانت الحركة لا في زمان .

وبالجملة فاعتبار السرعة إنما هي في الأمور التي لها وجود في زمان .»

يؤكد الحسن بن الهيثم في كتابه «المناظر» ضرورة وقوع الحركة في زمان ، وذلك عند حديثه عن انتقال الضوء ، حيث يقول^(٩) :

«إذا كان الثقب مستتراً ثم رفع السائر ، فوصول الضوء من الثقب إلى الجسم المقابل ليس يكون إلا في زمان ، وإن كان خفياً عن الحس .»

وبعرج إلى نفس المعنى في فقرة تالية فيقول :

«..... فالضوء إنما يصل إلى الجسم المقابل للثقب بحركة ، والحركة ليست تكون إلا في زمان .

(٨) مخطوط المكتبة الأحمدية بجلد - رقم ١١٢٢ : الكتاب الثالث ، المقالة الثانية - الباب الأول -

الفصل الرابع ، الورقة ٢٥٣ .

(٩) مخطوط مكتبة القاتح باستانبول - رقم ٣٢١٣ .

وإن كان الهواء يقبل الضوء دفعة واحدة ، فإنَّ حصولَ الضوء في الهواء بعداً
يكن فيه ضوءاً ، ليس يكون أيضاً إلا في زمانٍ ، وإن خفى عن الحسن .
يقرر الحسن بن الهيثم هنا أنَّ الضوء يسرى بحركة ، وبالتالي فإن له سرعة .
كانت سرعة الضوء هذه لمى من الكبر بحيث يحسبها المرء غير متناهية ، وهذا سبق وا-
لابن الهيثم لوقوفه على أنَّ للضوء سرعة ، وإن كان الزمان الذى يستغرقه الضوء
انتقاله هو من حيث الصغر المتناهى بحيث يخفى على حسِّ المشاهد .

تحليل الحركة إلى مركبتين

لقد تعرّض الحسن بن الهيثم عند شرحه لكيفية انعكاس الضوء إلى التمثيل بحركة كـ
صغيرة ملساء من الحديد أو النحاس تسقط على سطح مستو فترتد عنه ، وقد عد
ابن الهيثم في شرحه هذا إلى تحليل سرعة الجسم المصادم إلى « قسطين »^(١٠) (أى إلى
مركبتين) متعامدين ، أحدهما موازٍ لسطح الملاقاة . والقسط الآخر عمودى على سط-
ح الملاقاة . بحيث تقع السرعة وقسطاها (مركبتاها) فى مستو متعامد على سطح المصادمة

ويرى الحسن بن الهيثم فى شرحه هذا أنَّ القسط الموازى لسطح الملاقاة يبقى على
حاله دون أن يطرأ عليه أى تغيير إثر المصادمة ، بينما يتأثر القسط العمودى على سط-
ح الملاقاة بحسب درجة ممانعة سطح المصادمة عن الانفعال ، بحيث إنه كلما كانت الممانعة
أكبر ، كان التغير فى القسط العمودى أقل ، وكانت مسافة ارتداد الجسم المصادم
أطول .

بهذا الشرح يكون للحسن بن الهيثم فضل تحليل سرعة الجسم إلى مركبتين
متعامدتين ، وإلى وضع أسس حركة التصادم ، وإلى القول بأن مدافعة سطح الملاقاة
الساكن للجسم المتحرك تكون فى اتجاه عمودى على سطح الملاقاة ، وأنَّ هذه المدافعة
توقف على مدى ممانعة سطح التصادم عن الانفعال . لاشك أن هذا سبقٌ عظيم للحسن
بن الهيثم فى تحليل السرعة وفى وضع قوانين التصادم .

(١٠) مخطوط مكتبة الفاتح باستانبول - رقم ٣٢١٥ ، الورقتان ٧٤ ، ٧٦ .

قوة الحركة (كمية الحركة)

وقف علماء المسلمين على معنى كميّ في المتحرك يتوقف على سرعة تحركه ، كما يتوقف أيضا على كمية المادة التي به ، وقد ورد هذا المعنى في كتابات الحسن بن الهيثم في كتابه « المناظر » ، حيث يشير إلى ما أسماه « قوة الحركة » وكذا « اعتماد الحركة » ، فكتب في الفصل الثالث من المقالة الرابعة من كتابه هذا يقول^(١١)

« والمتحرك إذا لقي في حركته مانعا يمانعه ، وكانت القوة المحركة له باقية فيه عند لقاءه المانع ، فإنه يرجع من (حيث) كان في الجهة التي منها تحرك ، وتكون قوة حركته في الرجوع بحسب قوة الحركة التي كان تحرك بها في الأول ، وبحسب قوة الممانعة . »

ويمضي ابن الهيثم في الورقة التالية يقول :
« لأن الحركة المكتسبة إنما تكون بحسب مقدار المسافة (و) بحسب مقدار الثقل . »

من هذا النص يتضح أن الحسن بن الهيثم قد فطن إلى أن هناك « قوة حركة » وهي ما نعبّر عنها اليوم « بكمية الحركة » (Momentum)^(١٢) ، وقد ورد حديث ابن الهيثم هذا في معرض شرحه لارتداد جسم مصادم لسطح مستو ، حيث يقول إن الحركة المكتسبة تتوقف على المسافة التي يقطعها الجسم الساقط ، وبالتالي فإنها تعتمد على سرعة تحركه ، كما أنها تتوقف أيضا على مقدار ثقله (ويقصد به كتلته) .

وقد وردت هذه المعاني في كتابات الفيلسوف العربي هبة الله بن ملكا البغدادي في كتابه «المعتبر في الحكمة» حيث يقول^(١٣) :

« ويُستدل على ذلك بالحجر المرمى من عالٍ من غير أن يكون عايذاً عن صعود بحركة قسرية ، ولا فيه ميل قسري . »

(١١) مخطوط مكتبة الفانح باستانبول ، رقم ٣٢١٥ - الورقة ٧٠ .

(١٢) هي حاصل ضرب الكتلة في السرعة .

(١٣) مخطوط مكتبة أحمد الثالث باستانبول ، رقم ٣٢٢٢ - المجلد الثاني - الفصل الرابع والعشرون ، الورقة ٩٥ .

فإنَّكَ ترى أنَّ مبدأ الغاية كُلَّمَا كَانَ أَبْعَدَ ، كَانَ آخِرُ حركته اسرعَ ، وقوة ميله أشدَّ ، وبذلك يشجُّ ويسحقُ ، ولا يكونُ ذلكَ لَهُ إِذَا أُلْقِيَ عَنْ مَسَافَةٍ أَقْصَرَبَلْ بَيْنَ التَّفَاوُتِ فِي ذَلِكَ بِقَدَرِ طَوْلِ الْمَسَافَةِ الَّتِي يَسْلُكُهَا» .

يَضْرِبُ ابْنُ مَلَكَا هُنَا مِثْلًا لِلْجِسْمِ يَتَسَاقَطُ تَسَاقُطًا حُرًّا تَحْتَ تَأْثِيرِ جَذْبِ الْأَرْضِ . فيقول بأن الجسم كلما بدأ سقوطه من نقطة أعلى كانت حركته عند الارتطام أكثر سرعة وكانت قوة ميله أى قوة حركته (كمية حركته) أشد ، وبذلك تكون شدة ارتطامه أعلى «فيشج ويسحق» . ومفهوم ابن ملكا سليم تماما إذ أن سرعة الجسم الذى يسقط سقوطا حرا (بغير قوة دافعة سوى قوة الجاذبية الأرضية) تزيد سرعته مع المسافة التى يقطعها . وبذلك فإن كمية حركته تزيد ، وبالتالي فإن تأثيرها يكون أشد وأقسى .

كذلك فقد ورد في كتابات نصير الدين الطوسى فى معرض شرحه لكتاب ابن سينا «الإشارات والتنبيهات» استعمال كلمة «الميل» بمعنى كمية الحركة ، حيث يقول (١٤) :

«المَيْلُ الطَّبِيعِيُّ يَزْدَادُ بِازْدِيَادِ الْجِسْمِ إِلَى مَكَانِهِ الطَّبِيعِيِّ قُرْبًا .»
أى أن الجسم فى حركته الطبيعية إلى أسفل تزداد كمية حركته (ميله على حدِّ تعبير الطوسى) كُلَّمَا قُرَّبَ مِنْ مَوْضِعِهِ الطَّبِيعِيِّ عَلَى سَطْحِ الْأَرْضِ ، حيث إنَّ سرعة حركته تزداد كلما زادت المسافة المقطوعة ، أى كلما قُرَّبَ الجسم من نهاية مسافة السقوط .

من هذه النصوص يتأكَّد لنا وقوفُ علماء العرب على مقدار كمىِّ للحركة يتناسب مع سرعة الجسم ومع كتلته (وقد عبَّرَ عنها ابن الهيثم بالثقل) ، وهو سبقٌ لعلماء المسلمين فى أصول علم الديناميكا ، إذ أن مُعَدَّلَ تَغْيِيرِ كَمِيَةِ الْحَرَكَةِ هُوَ أَسَاسُ مَا اصْطَلَحَ عَلَى تَسْمِيَتِهِ بِالْقَانُونِ الثَّانِي لِلْحَرَكَةِ .

قوانين الحركة

جرى العُرف على نسبة قوانين الحركة الثلاث إلى العالم الإنجليزى اسحاق نيوتن (١٦٤٢ - ١٧٢٧ م) الذى نشرها فى كتابه الشهير «الأصول الرياضية للفلسفة

الطبيعية» (١٥) . وفي الحقيقة فإن فضل نيوتن في هذا الخصوص إنما ينصبُّ على صياغته لهذه القوانين وعلى تجميعه إياها . وكذلك على تحديده للصيغة الرياضية للقانون الثاني على وجه الخصوص . إذ أن علماء المسلمين كانوا قد توصَّلوا فعلاً إلى القانونين الأول والثالث للحركة بمفهومها اللذين تألفهما اليوم . وذلك قبل نيوتن بعدة قرون . كذلك فإن القانون الثاني للحركة ، وهو القانون الذي قام على مشاهدة الأجسام التي تسقط سقوطاً حراً . قد أدلى فيه علّماء المسلمين بدلوهم فيه وتمكنوا من التوصل إلى مفهوم القانون الثاني للحركة وجملة معانيه وإن لم يضعوا له صيغة رياضية كما فعل نيوتن .

ونبين فيما يلي نماذج من إسهامات العرب في قوانين الحركة الثلاثة .

القانون الأول

ينص القانون الأول للحركة - كما نعرفه اليوم - على أن الجسم يبقى في حالة سكون أو في حالة حركة مستقيمة منتظمة ما لم يؤثر عليه مؤثر خارجي يدفعه إلى تغيير حالته من سكون أو حركة . أى أن القانون الأول يختص بصفة مدافعة الجسم عن بقائه على حاله . وفي هذا المعنى وردت إشارات كثيرة في كتابات علماء المسلمين نورد بعضاً منها فيما يلي :

يقول إخوان الصفا في رسالتهم الرابعة والعشرين :

«وأما الثقل والخفّة في بعض الأجسام ، فهو من أجل أن الأجسام الكليات كلّ واحد له موضع مخصوص ، ويكون واقفاً فيه لا يخرج إلّا بقسر قاسر ، وإذا خلى رجّع إلى مكانه الخاص به ، فإن منعه مانع وقع التنازع بينهما . فإن كان التروغ نحو مركز العالم يُسمّى ثقيلًا ، وإن كان نحو المحيط يُسمّى خفيفًا » .

في هذا النص إشارة واضحة إلى شقّ من شقّي القانون الأول للحركة كما نعرفه اليوم ، حيث يقول إخوان الصفا بأن الجسم الساكن يبقى في موضعه الخاص به لا يخرج منه إلّا بقسر قاسر . كما أنه عندما يغيب القاسر يستعيد الجسم مكانه .

ويقول الشيخ الرئيس ابن سينا في كتابه « النجاة »^(١٦) :
« ليس شيء من الأجسام الموجودة يتحرك أو يسكن بنفسه ، أو يتشكل أو يفعل شيئاً غير ذلك »

يقول أيضاً في طبيعيات كتابه « الشفاء »^(١٧) :
« كل جسم له مكان طبيعي أو حيز تقتضي طبيعته الكون فيه ، وهو يخالف سائر الأجسام لا لجسميته ، بل لأن فيه مبدأ وقوة معدة نحو ذلك المكان . »

ويقول ابن سينا في كتابه « الإشارات والتنبيهات »^(١٨) :
« إنك لتعلم أن الجسم إذا خلّى وطباعه ، ولم يعرض له من خارج تأثير غريب ، لم يكن له بد من موضع معين وشكل معين ، فإذا في طباعه مبدأ استيجاب ذلك . »
ولعل أوضح أقوال ابن سينا في هذا المقام ما جاء في المقالة الرابعة من طبيعيات « الشفاء » :

« وليست المعاودة للجسم بما هو جسم ، بل بمعنى فيه يطلب البقاء على حاله »

ويشير الشيخ الرئيس ابن سينا إلى الخاصية الذاتية للجسم التي بها يدافع عن استمراره في الحركة المنتظمة ، وهو المعنى الثاني للقانون الأول للحركة ، فيقول في كتابه « الإشارات والتنبيهات »^(١٩) :

« الجسم له في حال تحركه ميل^(٢٠) يتحرك به ، ويحس به المانع ولن يتمكن من المنع إلا فيما يضعف ذلك فيه ، وقد يكون من طباعه ، وقد يحدث فيه من تأثير غيره ، فيبطل المنبعث عن طباعه إلى أن يزول ، فيعود انبعاثه . »

(١٦) طبعة القاهرة سنة ١٣٣١هـ - الجزء الثاني ، صفحة ١٦١ .

(١٧) المقالة الرابعة - الفصل الثاني عشر .

(١٨) النظم الثاني - الفصل السادس .

(١٩) النظم الثاني - الفصل السابع .

(٢٠) تعبير « الميل » هنا بمعنى الدامعة .

ويعرّف الشيخ الرئيس «الاعتدال والميل» في «الرسالة الرابعة في الحدود»^(٢١) فيقول :

«الاعتدال والميل هو كيفية يكون بها الجسمُ مُدافعاً لما يمانعه عن الحركة إلى جهة ما .» .

من هذه النصوص يبين اختصاص الجسم بكيفية أو صفة ذاتية أو كامنة فيه تمكنه من الدفاع والتصدي للعوامل التي تحول دون استمراره في الحركة ، وهي ذات الصفة التي نعرفها اليوم تحت اسم «القصور الذاتي» أو «العطالة» .

القانون الثاني

يقول القانون الثاني للحركة بأن القوة اللازمة للحركة تتناسب تناسباً طردياً مع كل من كتلة الجسم وتسارعه (عجلته) ، حيث التسارع (أو العجلة) هو معدل تغير السرعة بالنسبة للزمن ، كما أنه يمكن أيضاً التعبير عن هذا القانون بتساوى القوة لمعدل تغير كمية الحركة بالنسبة للزمن ، أو بعبارة أخرى كمية الحركة المولدة في وحدة الزمن . لا شك أن الفضل في هذه الصياغة الرياضية يعود لنيوتن ، بيد أن ذلك لا يسلب الفضل من علماء أجيال مهّدوا الطريق إلى هذا القانون الهام ، ونخصّ هنا بالذكر من بين أقوال علماء المسلمين ما جاء في كتاب «المعتبر في الحكمة» لابن مَلْكَا^(٢٢) حيث وردت فيه عبارة تُعدُّ أقرب ما توصّل إليه علماء المسلمين فيما يختص بالقانون الثاني للحركة ، يقول ابن مَلْكَا البغدادي :

«وكلُّ حركةٍ في زمانٍ لا محالة ، فالقوةُ الأشدّيةُ تُحرِّكُ أسرعَ ، وفي زمانٍ أقصر . فكلّما اشتدت القوةُ ازدادت السرعةُ ، ففُضِرَ الزمانُ ، فإذا لم يتناه الشدّة لم تتناه السرعةُ ، وفي ذلك أن نصير الحركةَ في غير زمانٍ وأشدّ ، لأنَّ سَلْبَ الزمانِ في السرعةِ نهايةٌ ما للشدّة» .

(٢١) «تسع رسائل في الحكمة والطبيعات» لابن سينا .

(٢٢) مخطوط مكتبة أحمد الثالث باستانبول - رقم ٣٢٢٢ ، المجلد الثاني - الفصل الثاني والعشرون ،

الورقة ٨٥ .

ولنتوقف عند هذا التعبير الأخير ، حيث يشير ابن مَلْكَا إلى « سلب الزمان في السرعة » وتسببه في زيادة الشدّة ، فإن ابن مَلْكَا لم يقل سلب الزمان في قطع المسافة ، وإنما قال سلب الزمان في السرعة وهذا معنى التسارع ، أو بتعبيرنا المعاصر مُعَدِّل تغيُّر السرعة بالنسبة للزمن ، وعلى ذلك يكون قولُ ابنِ مَلْكَا قد تَضَمَّن معنى تناسبِ القوة مع تسارع الحركة ، ولكَّنه بالطبع لم يتوصَّل إلى الصيغة الرياضية للقانون الثاني للحركة الذي ينصُّ على أن القوة تساوي الكتلة مضروبة في التسارع (معدِّل تغيُّر المسافة المقطوعة بالنسبة للزمن) ، أو بصيغة أخرى معدِّل تغيُّر كمية الحركة (الكتلة مضروبة في سرعة الحركة) بالنسبة للزمن .

القانون الثالث

ينصّ هذا القانون على أنَّ لكل فعل رد فعل مساوياً له في المقدار ومعاكساً له في التأثير . وهذا القانون قد أتى نتيجة المشاهدة ، شأنه في ذلك شأن القانون الأول للحركة ، وقد ورد هذا القانون في أكثر من نصٍّ من النصوص التي خلفها علماء المسلمين وفلاسفتهم ، نسوق بعضاً منها فيما يلي :

يقول الفيلسوف العربي أبو البركات هبة الله بن ملكا البغدادي في كتابه «المعتبر في الحكمة» (٢٣) :

«إنَّ الحلقة المتجاذبة بين المُصارَعَيْن لكلِّ واحدٍ من المتجاذِبَيْن في جَذْبِها قوَّةً مقاوِمةً لقوَّةِ الآخر ، وليسَ إذا غَلَبَ أحدهما فجذبها نحوه يكونُ قد خَلَّتْ من قوَّةِ جَذْبِ الآخر ، بل تلك القوَّةُ موجودةٌ مَفْهُورَةٌ ، وَلَوْلَاهَا لما احتاجَ الآخرُ إلى كلِّ ذلك الجذبِ» .

ويشير الإمام فخر الدين الرازي إلى اتزان الحلقة التي يجذبها جاذبان متساويان ، فيقول في كتابه «المباحث الشرقية في علم الإلهيات والطبيعيات» (٢٤) :

(٢٣) نفس المرجع السابق ، المجلد الثاني ، الفصل الرابع والعشرون ، الورقة ٩٤ .

(٢٤) الكتاب الثاني - الفن الثاني - الباب الثاني ، الفصل العاشر ، المسألة الثانية .

«الحَلَقَةُ الَّتِي يَجْذِبُهَا جَاذِبَانِ مُتَسَاوِيَانِ حَتَّى وَقَفَتْ فِي الْوَسْطِ ، لَاشْكُ أَنَّ كُلَّ وَاحِدٍ مِنْهُمَا فَعَلَ فِيهَا فِعْلاً مُعَوَّفاً بِفَعْلٍ الْآخَرِ (ثُمَّ لَا شَكَّ) أَنَّ الَّذِي فَعَلَهُ كُلُّ وَاحِدٍ مِنْهُمَا لَوْ خُلِيَ عَنِ الْمُعَارِضِ لَا قَتَضَى انْجِذَابَ الْحَلَقَةِ إِلَى جَانِبِهِ ، فَثَبَّتَ وَجُودُ شَيْءٍ لَوْ خُلِيَ عَنِ الْمُعَارِضِ لَا قَتَضَى الدَّفْعَ إِلَى جِهَةٍ مُخْصُوصَةٍ»

ويعرج الإمام الرازى إلى هذا الموضوع فى معرض شرحه لإشارات ابن سينا (٢٥) فيقول :

«فَالْحَبْلُ الَّذِى يَجْذِبُهُ جَاذِبَانِ مُتَسَاوِيَا الْقُوَّةِ إِلَى جِهَتَيْنِ مُخْتَلِفَتَيْنِ ، لَا يَجْلُو إِمَّا أَنْ يُقَالَ إِنَّهُ مَا فَعَلَ وَاحِدٌ مِنْهُمَا فِعْلاً ، وَهُوَ مُحَالٌ لِأَنَّ الَّذِى يَمْنَعُ وَاحِدٌ مِنْهُمَا عَنْ فِعْلِهِ هُوَ وَجُودُ فَعْلٍ الْآخَرِ»

من هذه النصوص التى تتناول اتزان حلقة تحت تأثير قوتين متساويتين فى المقدار ومتعاكستين فى الاتجاه ، يتبين أَنَّ الحلقة تقع تحت تأثير فعل وفعلٍ معاوقٍ على حدٍ ما جاء بهذه النصوص من تعبيرات ، بحيث إنه لو أخلت المقاومة أو المعاوقة لا انجذبت الحلقة فى اتجاه الفعل ، وبذلك فإنه لا بد من تساوى مقدارى الفعل والمعاوقة (وهى ما نصطلح على تسميتها اليوم برَدِّ الفعل) ، وهذا مضمون القانون الثالث للحركة .

مُعَاوَقَاتُ الْحَرَكَةِ

وقف علماء المسلمين على طبيعة المعاوقات التى يتعرَّض لها الجسم حال تحركه ، فأشاروا إلى زيادة المعاوقة مع كبر الجسم عند جَرِّه ، وهى المعاوقة التى نشير إليها اليوم بقوة الاحتكاك ، وتناسبُ هذه القوة مع كتلة الجسم من الأمور المألوفة تماماً فى علم الميكانيكا .

كذلك فقد فطن علماء المسلمين إلى أَنَّ الجسم يلقى معاوقةً من الوسط الذى يتحرك خلاله ، وَأَنَّ هذه المعاوقة تختلف باختلاف الشكل الهندسى للجسم المتحرك ، وقد خَلَّصَ علماء العرب إلى استحالة الحركة الدائمة ، وهذا كله سبق عظيم على علماء

الغرب ، ونبين فيما يلي مقتطفات من النصوص العربية من قبيل الاستدلال على إسهام علماء المسلمين في هذا المجال .

قوة الاحتكاك

يقول الشيخ الرئيس ابن سينا في طبيعيات كتابه « الشفاء » (٢٦) :

« إن الأجسام الموجودة ذوات الميل كالثقيلة والخفيفة ، أمّا الثقيلة فما يميل إلى أسفل ، وأمّا الخفيفة فما يميل إلى فوق .

فإنها كلما ازدادت ميلاً (٢٧) ، كان قبولها للتحريك القسري أبطأ .

فإن نَقَلَ الحجر العظيم الشديد الثقل أو جرّه ، ليس كنقل الحجر الصغير القليل الثقل أو جرّه . »

يتضمن قول ابن سينا أن جر الحجر الثقيل أشد صعوبة من جرّ الحجر الصغير القليل الثقل ، أى أن هذه المعاوقة تزيد بزيادة ثقل الجسم ، وهذا صحيح حيث إن قوة المعاوقة الناشئة عن الاحتكاك تتناسب تناسباً طردياً مع وزن الجسم .

ويقول نصير الدين الطوسي في معرض شرحه لكتاب ابن سينا « الإشارات والتنبيهات » (٢٨) :

« ولا شك أن طبيعة الجسم الأعظم تكون أقوى من طبيعة الجسم الأصغر ، لاشتغال الأعظم على مثل طبيعة الأصغر ، وعلى ما يزيد عليه .

ويلزم منه أن تكون مقاومة الأعظم أكثر من معاوقة الأصغر ... »

مقاومة الوسط المنفوذ فيه

تدل كتابات علماء المسلمين على فهم عميق ووعى كامل بتأثير الوسط الذى يتحرك فيه الجسم على نفوذه فيه ، كذا تأثير شكل الجسم على درجة المقاومة التى يتعرض لها في

(٢٦) المقالة الرابعة ، الفصل الرابع عشر .

(٢٧) يُقصد بالميل هنا قوة الجاذبية الأرضية .

(٢٨) النقط السادس - الفصل التاسع عشر .

حركته ، وقد وردت هذه المعاني واضحة جليلة في عديد من النصوص نقدم بعضاً منها على سبيل المثال لا الحصر فيما يلي :

يقول الشيخ الرئيس ابن سينا في طبيعيات كتابه الشفاء^(٢٩) :

«..... فَإِنَّكَ سَتَعْنَمُ أَنَّ مَقَاوِمَةَ الْمَنْفُوزِ فِيهِ هُوَ الْمُبْطَلُ لِلْقُوَّةِ الْحَرَكَةِ .»

ويقول هبة الله بن ملكا البغدادي في كتابه «المعتبر في الحكمة»^(٣٠) :

«..... وَالَّذِي حُرِمَهُ الْمُتَحَرِّكُ مِنَ الْأَجْسَامِ الْكَثِيفَةِ وَالرَّقِيقَةِ تَعَوُّفُهُ ،
فَالْأَكْثَفُ يُبْطِئُ حَرَكَتَهُ أَكْثَرَ ، وَالْأَرْقُ أَقْلَ ،

كما نجد في حركة المتحرك في الماء والهواء ، فإنَّ حركته في الماء الذي هو أكتف من الهواء يحتاج إلى قوة أخرى ، ويكون في زمانٍ أطول من زمان حركته في الهواء ، وعلى النسبة في الكثافة والرقة يُبطئ حركة المتحرك فيها ويُسرِّع ، فبعض البطء لبعض الكثافة والمقاومة .»

كذلك يقول الإمام فخر الدين الرازي في كتابه «المباحث المشرقية»^(٣١)

«إِنَّ الْجِسْمَ إِذَا تَحَرَّكَ فِي مَسَافَةٍ فَكُلَّمَا كَانَ الْجِسْمُ الَّذِي فِي الْمَسَافَةِ أَرْقَ كَانَتْ الْحَرَكَةُ فِيهِ أَسْرَعَ ، وَكُلَّمَا كَانَ أَعْلَظَ كَانَتْ الْحَرَكَةُ فِيهِ أَبْطَأَ ، لِأَنَّ الرَّقِيقَ شَدِيدُ الْإِنْفِعَالِ عَنِ الدَّافِعِ الْخَارِقِ ، وَالْغَلِيطَ شَدِيدُ الْمَقَاوِمَةِ ، وَأَيْضًا الْمَشَاهِدَةُ تَدُلُّ عَلَى ذَلِكَ .»

تأثير شكل الجسم على المقاومة

يضرب ابن ملكا مثالا لاختلاف المقاومة - التي يتعرض لها الجسم في حركته - بمخروط يتحرك مرة على رأسه ومرة أخرى على قاعدته العريضة ، حيث تكون المقاومة

(٢٩) المقالة الرابعة - الفصل الرابع عشر .

(٣٠) مخطوط مكتبة أحمد الثالث باستانبول - رقم ٣٢٢٢ - المجلد الثاني - الفصل الرابع عشر ، الورقتان

٤٨ ، ٤٩ .

(٣١) الكتاب الثاني - الفن الأول - الفصل التاسع عشر ، طبعة الهند الصفحتان ٢٣٢ ، ٢٣٣ .

في الحالة الأولى أقلّ منها في الحالة الثانية ، ولنسق كلماته في كتابه «المعتبر في الحكمة» (٣٢) حيث يقول :

«وأيضاً لو تحركت الأجسام في الخلاء لتساوت حركة الثقيل والحفيف ، والكبير والصغير ، والمخروط المتحرك على رأسه الحاد ، والمخروط المتحرك على قاعدته الواسعة ، في السرعة والبطء ، لأنها إنّما تختلف في الملاء بهذه الأشياء بسهولة خرقها لما تخرقه من المقاوم المخروق كالماء والهواء وغيره .

فإنّ المخروط المتحرك على رأسه يخرق أسهل من المتحرك على قاعدته»

فهذه إشارة واضحة بغير شك إلى أهمية الشكل الانسيابي في سهولة خرق الوسط الذي يتحرك فيه الجسم ، فالرأس المتقدم للمخروط ينفذ بسهولة أكثر من قاعدته ، وهذا سبق أكيد في مجال ديناميكا الموائع .

استحالة الحركة الدائمة

لقد دحض علماء المسلمين إمكانية الحصول على حركة دائمة (٣٣) ، وذلك قبل عصر النهضة الأوروبية بنحو أربعة قرون ، فقد تيقن علماء المسلمين وفلاسفتهم بأن الجسم لا بد وأن يلاقى مقاومة من الوسط الذي فيه يتحرك ، الأمر الذي يُضعف الحركة فيه ، إلا أن تكون حركته في خلاء خال من المعاوقات والمصادمات ، من ذلك قول الشيخ الرئيس ابن سينا في كتابه «الإشارات والتنبيهات» (٣٤) :

«لا يجوز أن يكون في جسم من الأجسام قوة طبيعية تحرك ذلك الجسم بلا نهاية»

وقول ابن ملكا البغدادي في كتابه «المعتبر في الحكمة» (٣٥) :

(٣٢) مخطوط مكتبة أحمد الثالث باستانبول - رقم ٣٢٢٢ - المجلد الثاني - الفصل الرابع عشر ، الورقة ٤٩ .

(٣٣) Perpetual Motion

(٣٤) النقط السادس - الفصل الثالث والعشرون .

(٣٥) المخطوط : المجلد الثاني - الفصل الخامس عشر ، الورقة ٦٠ .

«..... والقوة بنفسها لا تبطل ولا تفنى ، وإنما يُبطلها في الملاء مصادمة ما يُلاقها في مسافتها من مُعاقٍ بعد مُعاقٍ ، فيُضعفها حتى تفنى ، وليس ذلك في الخلاء.....»

حركة المقذوفات

تصدى علماء المسلمين وفلاسفتهم بالدراسة لحركة الأجسام التي تسقط سقوطاً حراً تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية ، كذلك تعرّضوا لحركة الجسم المقذوف إلى أسفل أو إلى أعلى ، ولحركة السهم المقذوف بقوة ، وكان مدخلهم إلى هذه الدراسة يتسم بدقة المشاهدة وعمق الفكر ومنطقية التحليل حيث قسّموا حركة الجسم إلى أنواع ثلاثة هي :

١ - الحركة الطبيعية البحتة ويقصد بها حركة الجسم تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية فحسب .

٢ - الحركة القسرية البحتة وهي الحركة التي تتم بتأثير قوة خارجة عن الجسم لا تتعلق بقوة جذب الأرض .

٣ - اجتماع الحركتين الطبيعية والقسرية .

وكتابات علماء المسلمين تزخر بدراسات مفصلة عن سلوك الأجسام المتحركة نقدم مختارات منها فيما يلي :

الحركة الطبيعية البحتة

وهي حركة الجسم الذي يسقط سقوطاً حراً من مكان مرتفع ساعياً إلى الوصول إلى موضعه الطبيعي على سطح الأرض ، ومن هنا جاءت تسمية هذه الحركة بالحركة الطبيعية . وقد عرف علماء المسلمين أن الجسم - في حركته الطبيعية البحتة - يسلك أقصر طريق ألا وهو الطريق المستقيم ، وفي هذا المعنى يقول أبو البركات هبة الله بن ملكا في كتابه «المعتبر في الحكمة» (٣٦) :

« فكل حركة طبيعية فعلى استقامة » .

ويقول في موضع آخر من كتابه (٣٧) :

« ... فَإِنَّ مَا مِنْهُ فِي الْحَرَكَةِ الطَّبِيعِيَّةِ مَهْمَةٌ مِنْهُ بِالطَّبَعِ ، وَمَا إِلَيْهِ فِيهَا مَطْلُوبٌ بِالطَّبَعِ ، فَكَيْفَ يَعُودُ الْمَتْرُوكُ طَبْعًا مَطْلُوبًا بِالطَّبَعِ ، وَالْمَطْلُوبُ طَبْعًا مَتْرُوكًا بِالطَّبَعِ ، وَأَيْضًا فَإِنَّ الْمَتْرُوكَ بِالطَّبَعِ وَالْمَطْلُوبَ بِالطَّبَعِ يُحَرِّكُ الطَّبَعُ عَنْ أَحَدِهِمَا إِلَى الْآخَرِ فِي أَقْصَرِ مَسَافَةٍ وَهِيَ الْإِسْتِقَامَةُ »

ويقول نصير الدين الطوسي في شرحه لكتاب ابن سينا «الإشارات والتنبيهات» (٣٨) :

« بَلَزِمُ أَنْ تَقْتَضِيَ طَبِيعَةُ الْكَائِنِ مِيلًا مُسْتَقِيمًا إِلَى مَكَانِهِ الطَّبِيعِيِّ . »
هذا وقد وقف علماء المسلمين على حقيقة أَنَّ الجسمَ الساقطَ سقوطًا حرًّا تزيد سرعته بزيادة المسافة المقطوعة ، وبالتالي تزيد كمية حركته ، وفي هذا المعنى يقول ابن ملكا في كتابه «المعتبر في الحكمة» (٣٩) :

« وَيَسْتَدُلُّ عَلَى ذَلِكَ بِالْحَجَرِ الْمَرْمِيِّ مِنْ عَالٍ مِنْ غَيْرِ أَنْ يَكُونَ عَائِدًا مِنْ صُعُودٍ بِحَرَكَةٍ قَسْرِيَّةٍ ، وَلَا فِيهِ مَيْلٌ قَسْرِيٌّ ، فَإِنَّكَ تَرَى أَنَّ مَبْدَأَ الْغَايَةِ كُلَّمَا كَانَ الْجَرِيَانُ آخِرَ حَرَكَتِهِ أَسْرَعَ ، وَقُوَّةُ مَيْلِهِ أَشَدَّ ، وَبِذَلِكَ يَشْجُ وَيَسْحَقُ ، وَلَا يَكُونُ ذَلِكَ لَهُ إِلَّا أَلْفَيْ عَنْ مَسَافَةٍ أَقْصَرِ ، بَلْ يَبِينُ التَّفَاوُتُ فِي ذَلِكَ بِقَدْرِ طَوْلِ الْمَسَافَةِ الَّتِي يَسْلُكِيهَا »
كذلك فإن ابن ملكا فطن إلى أن سرعة سقوط الجسم لا تعتمد على كتلته ، مخالفًا بذلك قول أرسطو ، ونقدم فيما يلي نصا يدل على فهم ابن ملكا الصحيح لحركة التساقط الحر حيث يقول (٤٠) :

« وَأَيْضًا لَوْ تَحَرَّكَتِ الْأَجْسَامُ فِي الْخَلَاءِ نَتَسَاوَتْ حَرَكَةُ الثَّقِيلِ وَالْخَفِيفِ ، وَالْكَبِيرِ وَالصَّغِيرِ ، وَالْمَحْرُوطِ الْمَتَحَرِّكِ عَلَى رَأْسِهِ الْحَادِّ ، وَالْمَحْرُوطِ الْمَتَحَرِّكِ عَلَى قَاعِدَتِهِ الْوَاسِعَةِ ، »

(٣٧) نفس المرجع السابق - الجزء الثاني - الفصل السابع ، الورقتان ١٣٥ ، ١٣٦ .

(٣٨) النمط الثاني - الفصل الخامس عشر .

(٣٩) المخطوط : المجلد الثاني - الفصل الرابع والعشرون ، الورقة ٩٥ .

(٤٠) نفس المرجع السابق - المجلد الثاني - الفصل الرابع عشر - الورقة ٤٩ .

في السرعة والبطء ، لأنها إنما تختلف في الملاء بهذه الأشياء بسهولة خرقها لما تخرقه من المقاوم المحروق كالماء والهواء وغيره ... » .

حقاً إن كلام ابن ملكا صحيح كل الصحة ، حيث إنه لو انعدمت معاوقات الحركة لتساوت سرعة حركة الأجسام - مهما اختلفت من حيث الكتلة والشكل - عند سقوطها سقوطاً حراً تحت تأثير الجاذبية الأرضية ، وإن النباين في سرعاتها في الظروف الطبيعية إنما يعود إلى اختلاف مدى المعاوقة التي تواجهها في حركتها خيالات الهواء ، وبالتالي فإن الوقوف على عدم اعتماد سرعة سقوط الجسم على كتلته يعدُّ سبقاً واضحاً لعلماء المسلمين في مجال الديناميكا .

الحركة القسرية البحتة

بهذه التسمية قصد العرب الحركة التي تنشأ عن إجبار الجسم على تغيير موضعه دون أن يكون العنصر الأساسي مرتبطاً بقوة جذب الأرض ، وثمة مثال لهذه الحركة ضربه ابن ملكا البغدادي في كتابه «المعتبر في الحكمة»^(١) حيث يقول :

« الحركة غير الطبيعية الموجودة في ذات المتحرك ، أغنى التي ليس بالعرض ، منها ما يكون بالقسر ، ومنها ما يكون من تلقائه ، والتي بالقسر هي التي محرّكها خارج عن المتحرك بها .

وهذا إما أن يكون خارجاً عن الطبع فقط ، مثل تحريك الحجر حراً على وجه الأرض »

وقد تكون الحركة المكانية القسرية بالجذب وقد تكون بالدفع »

اجتماع الحركتين الطبيعية والقسرية

أسهب علماء المسلمين في دراسة حركة الأجسام التي تتعرض لقوى قاسرة بالإضافة إلى القوى الطبيعية أى القوى الناشئة عن جاذبية الأرض ، وقد فرّق علماء العرب بين ثلاث حالات حركية هي :

(٤١) المخطوط : المجلد الثاني - الفصل السابع والعشرون ، الورقة ١٠٥ ..

- (١) حركة الجسم المزجوج إلى أسفل .
 (٢) حركة الجسم المرمى إلى أعلا .
 (٣) حركة السهم المقذوف بقوة مع الأخذ في الاعتبار تأثير مقاومة الهواء .
 وفيما يلي نماذج مقتضبة لهذه الحركات .

يشير ابن ملكا إلى اجتماع الحركتين الطبيعية والقسرية للحجر المزجوج إلى أسفل ، فيقول في كتابه «المعتبر في الحكمة» (٤٢) :

« كالحجر المزجوج إلى أسفل ، والنار المقذوفة إلى فوق ، فإنهما تجتمع لهما حركتا الطبع والقسر . »

ويعرض نصير الدين الطوسي إلى حركة الجسم عند تضادّ القوتين الطبيعية والقاسرة كحالة قذف حجر إلى أعلا ، أي الحركة الرأسية (الشاقولية) ضد قوة الجاذبية الأرضية ، فيقول في معرض شرحه لطبيعيات كتاب ابن سينا « الإشارات والتنبيهات » (٤٣) :

« فإذا اطرأ على جسم ذي ميل بالفعل ، ميل قسري ، تقاوم السبيان ، أغنى القاسر والطبيعة ، فإن غلب القاسر وصارت الطبيعة مقهورة ، حدث ميل قسري ، وبطل الطبيعي . »

ثم تأخذ الموانع الخارجية والطبيعية معاً في إفنائه قليلاً قليلاً ، وتقوى الطبيعة بحسب ذلك ، ويأخذ الميل القسري في الانتقاص ، وقوة الطبيعة في الازدياد ، إلى أن تقاوم الطبيعة الباقي من الميل القسري ، فيبقى الجسم عديم الميل ... » .

هذا وصف لما يحدث للجسم المقذوف إلى أعلا حتى يصل إلى أقصى ارتفاع له ، قبل أن يقفل راجعاً تحت تأثير جاذبية الأرض .

وعند الحديث عن السهم المقذوف ، فقد أدرك ابن ملكا أن حركة السهم المائل

(٤٢) المخطوط : الجزء الثاني - الفصل العاشر ، الورقة ١٥١ .

(٤٣) النظم الثاني - الفصل السابع .

المدفوع بقوة في الهواء تجعل من الهواء وسطاً حاملاً له ، ويبدو ذلك واضحاً في قوله (٤٤) :

«..... فَإِنَّ الْهَوَاءَ يَحْمِلُهُ بِإِنْدَفَاعِهِ ، وَمَا بَالُ الْأَشْيَاءِ الَّتِي يَتَّفِقُ حُصُولُهَا فِي هَذَا الْهَوَاءِ الْمُطَيَّفِ بِالسَّهْمِ لَا يَحْمِلُهَا الْهَوَاءُ كَمَا يَحْمِلُ الرَّمْحُ مَا يَحْمِلُهُ»

بهذه الكلمات يكون لعلماء المسلمين وفلاسفتهم فضل السبق في وضع اللبنة الأولى في صرح ما نعرفه اليوم بعلم «الديناميكا الهوائية» (٤٥) .

الحركة التمرجية للصوت

أدرك علماء المسلمين أن الصوت يسرى بحركة تمرجية ، وأن هذه الحركة يمكن لها أن تنعكس إن هي اصطدمت بجائل أو عائق لتنعكس عنه محدثة ما نعرفه بصدى الصوت ، الذي هو في الواقع تموجات صوتية منعكسة .

نرى هذا الفهم مثلاً في كتاب «التحصيل» لبهمنيار بن المرزبان حيث يقول (٤٦) :

«وَالصَّوْتُ أَمْرٌ يَحْدُثُ مِنْ تَمَوُّجِ الْجِسْمِ السَّيَّالِ الرُّطْبِ كَالْهَوَاءِ وَالْمَاءِ مُنْضَغَطًا بَيْنَ جَسْمَيْنِ مُتَصَاكَيْنِ مُتَقَاوِمَيْنِ .

وَأَمَّا الصَّدى فَإِنَّهُ يَحْدُثُ مِنْ تَمَوُّجٍ يَوْجِبُهُ هَذَا التَّمَوُّجُ ، فَإِنَّ هَذَا التَّمَوُّجَ إِذَا قَاوَمَهُ شَيْءٌ مِنَ الْأَشْيَاءِ كَجِبِلٍ أَوْ جِدَارٍ حَتَّى دَفَعَهُ ، لَزِمَ أَنْ يَنْضَغَطَ أَيْضًا بَيْنَ هَذَا التَّمَوُّجِ الْمَتَوَّجِ إِلَى قَرَعِ الْحَابِطِ أَوِ الْجِبِلِّ ، وَبَيْنَ مَا يَقْرَعُهُ هَوَاءٌ آخَرُ يَرُدُّهُ ذَلِكَ وَيَصْرِفُهُ إِلَى خَلْفٍ بِإِنْضَغَاظِهِ ، وَيَكُونُ شَكْلُهُ شَكْلَ الْأَوَّلِ وَعَلَى هَيْئَتِهِ»

(٤٤) المخطوط : المجلد الثاني - الفصل السابع والعشرون ، الورقة ١٠٧ .

(٤٥) Aerodynamics

(٤٦) مخطوط المكتبة الأحمديّة بجلب - رقم ١١٢٢ : الكتاب الثالث ، المقالة الثانية ، الباب الرابع ، الفصل الخامس ، الورقة ٣٠٧ .

ويستطرد بهمنيار - وهو من تلاميذ الشيخ الرئيس ابن سينا - في حديثه عن صدى الصوت ، فيقول :

« ويَجُوزُ أَنْ يَكُونَ لِكُلِّ صَوْتٍ صَدًى ، وَلَكِنْ لَا يُسْمَعُ ، كَمَا أَنَّ لِكُلِّ ضَوْءٍ عَكْسًا .

والسببُ فِي الْأَيْسَمَعِ الصَّدَى فِي الْبُيُوتِ ، أَنَّ الْمَسَافَةَ إِذَا كَانَتْ قَرِيبَةً مِنَ الْمُصَوِّتِ وَبَيْنَ عَاكِسِ الصَّوْتِ سُمِعَا مَعًا فِي زَمَانٍ وَاحِدٍ ، أَوْ قَرِيبٍ مِنْ وَاحِدٍ .

كذلك يقول نجم الدين الكاتبي القزويني في كتابه « الْمُفَصَّل » (٤٧) وهو شرح لكتاب « الْمُحَصَّل » للفخر الرازي :

« لو لم يكن وصولُ الهواءِ الحاملِ إِلَى الصَّخَاخِ شَرْطًا لِحَصْلِ سَمَاعِ كُلِّ صَوْتٍ ، وَالتَّالِيُ بَاطِلٌ ، لِأَنَّ عِنْدَ هُبُوبِ الرِّيحِ رَمًا يُسْمَعُ الصَّوْتُ الْقَرِيبُ وَلَا يُسْمَعُ الْبَعِيدُ لَا نَخْرَاقَ (٤٨) تِلْكَ الْأَهْوِيَةُ الْمَتَمَوِّجَةُ الْحَامِلَةُ لِذَلِكَ الصَّوْتِ ، وَمِيلَانَهَا مِنْ جَانِبٍ إِلَى جَانِبٍ بِسَبَبِ هُبُوبِ الرِّيحِ . »

من هذه النصوص يتبيّن وقوف علماء المسلمين على طبيعة الصوت ، وكونه حركة دورية تموجية في الهواء أو الماء ، وأن الصدى يحدث من انعكاس التوججات الصوتية عند ملاقاتها لجسم حائل ، وارتدادها عنه إلى الجهة التي منها قدمت ، وهذا مفهوم صحيح تمامًا .

(٤٧) مخطوط المكتبة الأحمدية ببلج - رقم ٧٤٢ : الورقتان ٩٠ ، ٩١ - والمخطوط رقم ٧٤٣ : الورقة ١٠٠ .

(٤٨) في المخطوط ٧٤٣ : لانخراق .

الخلاصة

تبيّن هذه الدراسة الموجزة أن علماء المسلمين وفلاسفتهم قد أسهموا بنصيب وافر في مجال «علم الحركة» أو ما نعرفه اليوم «بعلم الديناميكا» ، فنعرضوا بكثير من التفصيل لفهم الحركة والسكون ، ولعناصر الحركة ، ولتقسيمها إلى حركة انتقالية أو مكانية وحركة وضعية كحركة الرجا أو الدولا ب ، كذلك فقد فرّق علماء المسلمين بين الحركة الطبيعية وقد قصدوا بها حركة الجسم تحت تأثير قوة جذب الأرض قاصداً موضعه الطبيعي على سطح الأرض ، نقول فرّقوا بين الحركة الطبيعية والحركة القسرية التي يحدّثها مؤثر خارجي كحالة جرّ حجر على سطح الأرض . كذلك درس علماء المسلمين اجتماع الحركتين الطبيعية والقسرية إمّا على التوافق كقذف حجر بقوة من على ، وإمّا على التضادّ كقذف حجر بقوة من أسفل إلى أعلا حيث تتناقض سرعته كلها أمعن في الصعود حتى يصل إلى أقصى ارتفاع له ، ثم يبدأ في السقوط سقوطاً حراً تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية . أي أنه في هذه الحال يمارس حركة طبيعية بحثة قال عنها علماء المسلمين أنه لا بد وأن تتم على أقصر طريق وهو الطريق المستقيم ، وأن الجسم الذي يسقط سقوطاً حراً تزيد سرعته بزيادة مسافة سقوطه . إلا أن هذه السرعة لا تعتمد ولا تتوقف على كتلته مخالفاً بذلك القول المأثور عن أرسطو بزيادة السرعة مع كتلة الجسم ، وقد أوضح علماء المسلمين أن السبب في الاختلاف الظاهري لسرعة سقوط الأجسام سقوطاً إنما يرجع إلى تباين مقاومة الهواء لهذه الأجسام ، بحيث إنه لو تحركت الأجسام في وسط خالٍ من المعاوقات لتساوت جميعاً في سرعتها بالرغم من تباينها في الوزن أو الشكل ، وقد كانت معاوقات الحركة من قوة احتكاك ومقاومة الوسط المنفذ فيه محل دراسة مستفيضة أدّت إلى وقوف علماء المسلمين على استحالة الحركة الدائمة .

كذلك فطن العرب إلى أن قذف السهم مائلاً في الهواء يجعل من الهواء وسطاً حاملاً له ، وبذلك وضعوا أول لبنة في صرح «علم الديناميكا الهوائية» ، كذلك تنبه المسلمون إلى أن الصوت يسرى بحركة تموجية في الهواء وأن هذه التموجات الصوتية تنعكس عند اصطدامها بحامل لتنعكس مرتدة من حيث أتت محدثة للصدى ، وقد أدرك العرب

الارتباط الأساسي بين الحركة والزمان ، وأن الحركة لا بد وأن تقع في زمان وإن كان غاية في الصغر ، وضرب لذلك مثلٌ هو انتقال الضوء ، حيث يسرى في زمن غاية في القصر يخفى عن الحس .

أورد علماء المسلمين فكرة تحايل السرعة إلى قسطين متعامدين . وتأثر هذين القسطين لجسم بصطدم بسطح مستو ، واضعين بذلك أسس حركة التصادم ، وقياس مدى ثمانية أو تقدير صلادة سطح الملاقاة بدلالة مسافة ارتداد الجسم المصادم عنه . كذلك وقف العرب على معنى كميٍّ للحركة أسموه « قوة الحركة » و« اعتماد الحركة » ونسميه اليوم « كمية الحركة » ، وتعتمد على سرعة الجسم وعلى كتلته .

وفي مجال ما اصطلح على تسميته بقوانين الحركة الثلاثة التي تُنسب عُرفاً إلى نيوتن : فإن الكتابات العربية تقطع بتوصل علماء المسلمين للقانونين الأول والثالث للحركة ، وتوصلهم أيضاً إلى معنى قريب جداً من القانون الثاني للحركة وإن لم يضعوه في صيغته الرياضية التي أتى بها نيوتن .

يحقُّ للعالم الإسلامي أن يزهو عن جدارة واستحقاق بمنجزات علمائه وفلاسفته ومفكره ، فقد كان لهم قصب السبق في مجالات العلم والمعرفة المختلفة ، وإن إسهامات علماء المسلمين في « علم الديناميكا » هي من الأصالة والغزارة ما يحذو بنا إلى أن نطلب ردَّ الفضل لأصحابه ، فننسب قوانين التصادم ، وتحليل السرعة إلى قسطين ، ومعنى كمية الحركة ، وانتقال الضوء بسرعة فائقة ، ننسب كل ذلك لعالمنا الفاضل الحسن بن الهيثم ، وأن ننسب القانون الأول للحركة للشيخ الرئيس ابن سينا ، ونرجع فضل اكتشاف القانون الثالث للحركة وعدم اعتماد سرعة الجسم الساقط سقوطاً حراً على كتلته ، وطبيعة مقاومة الوسط المنفرد فيه واختلاف هذه المقاومة باختلاف الشكل الهندسي للجسم المتحرك ، نرجع فضل اكتشاف هذا كله لأبي البركات هبة الله بن ملكا البغدادى .

هذه أمثلة لسبق علماء المسلمين في مجال « علم الحركة » وليست حصراً لإسهاماتهم ، وإنَّ مزيداً من الدراسة المتعمقة لتراثنا الخالد لكفيلةً برسم صورةٍ أكثر وضوحاً وأشدَّ تحديداً وأعظم إشراقاً لمنجزات الحضارة الإسلامية العظيمة .

مصادر البحث

- (١) كتاب «إحصاء العلوم» لأبي نصر الفارابي .
تحقيق د. عثمان أمين
مكتبة الأنجلو المصرية بالقاهرة ، الطبعة الثالثة ، عام ١٩٦٨ .
- (٢) كتاب «مقدمة ابن خلدون» للعلامة عبد الرحمن بن خلدون .
دار الكتاب العربي - بيروت ، لبنان ، الطبعة الخامسة ، ٥٨٨ صفحة .
- (٣) «آراء الفلاسفة الإسلاميين في الحركة ومساهماتهم في التمهيد إلى بعض معاني علم
الديناميكا الحديث» .
المحاضرة الرابعة من محاضرات ابن الهيثم التذكارية بكلية الهندسة جامعة فؤاد
الأول .
- ألقاها مصطفى نظيف بك في ديسمبر عام ١٩٤٢ ، ٣٣ صفحة .
الجمعية المصرية لتاريخ العلوم ، القاهرة ، العدد الثاني ، الصفحات ٤٥ -
٦٤ .
- (٤) «علم الحركة في الفلسفة العربية : مفاهيمه وألفاظه» للدكتور جلال شوقي .
مجلة اللسان العربي ، جامعة الدول العربية ، الرباط ، المملكة المغربية ، المجلد
العاشر ، يناير ١٩٧٣ ، الجزء الأول ، الصفحات ١٨٣ - ١٩٤ .
- (٥) «ألفاظ العلم الطبيعي في صدر الحضارة العربية» للدكتور جلال شوقي .
مجلة مجمع اللغة العربية بالقاهرة ، العدد ٣٥ ، عام ١٩٧٥ م ، الصفحات
١١١ - ١٢٧ .
- (٦) «مصطلحات علم الحركة لدى علماء العرب» للدكتور جلال شوقي .

مجلة مجمع اللغة العربية بالقاهرة ، العدد ٣٦ ، عام ١٩٧٧ م الصفحات ١٧١ - ١٩٥ .

(٧) «أصول الميكانيكا في الفكر العربي» للدكتور جلال شوقي .

أسبوع العلم الثالث عشر ، جامعة حلب . تشرين الثاني (نوفمبر) عام ١٩٧٢ .
منشورات المجلس الأعلى للعلوم بدمشق عام ١٩٧٤ م ، الكتاب الرابع :
دراسات وبحوث العلوم الهندسية ، الصفحات ١٩٣ - ٢٦٢ .

(٨) كتاب «تراث العرب في الميكانيكا» للدكتور جلال شوقي .

عالم الكتب ، القاهرة عام ١٩٧٣ م ، ١١١ صفحة .

(٩) «دراسات العرب في سلوك الأجسام المتحركة» للدكتور جلال شوقي .

مجلة عاديّات حلب - جامعة حلب ، معهد التراث العلمي العربي ، الكتاب
الأول ، عام ١٩٧٥ م ، الصفحات ٣٠ - ٥١ .

(١٠) «العرب وقوانين الحركة» للدكتور جلال شوقي .

مجلة عاديّات حلب ، جامعة حلب ، معهد التراث العلمي العربي ، الكتاب
الثاني ، عام ١٩٧٦ م ، الصفحات ٥٦ - ٦٩ .

(١١) «رسائل إخوان الصفا وخلان الوفا» عني بتصحيحه خير الدين الزركلي .

المكتبة التجارية الكبرى بالقاهرة ، عام ١٩٢٨ م .

(١٢) «الشفاء - الطبيعيات» للشيخ الرئيس ابن سينا .

تحقيق الدكتور محمود قاسم - مراجعة وتقديم الدكتور إبراهيم مذكور .

دار الكتاب العربي للطباعة والنشر بالقاهرة ، عام ١٣٨٩ هـ = ١٩٦٩ م .

(١٣) «الإشارات والتنبيهات» للشيخ الرئيس ابن سينا مع شرح نصير الدين الطوسي .

تحقيق الدكتور سليمان دنيا .

دار المعارف بمصر ، القسم الثاني ، الطبعة الثانية ، ٤٦٨ صفحة .

(١٤) « الكتاب الموسوم بشرح الإشارات » للخواجه نصير الدين الطوسي ، وللإمام
فخر الدين الرازي .

المطبعة الخيرية بالقاهرة ، الطبعة الأولى ، عام ١٣٢٥هـ = ١٩٠٧م - الجزء
الأول ٢٤٣ صفحة ، الجزء الثاني ١٤٦ صفحة .

(١٥) « النجاة » للشيخ الرئيس ابن سينا .

طبع بمطبعة السعادة بمصر على نفقة محي الدين صبري الكردي ، عام
١٣٣١هـ ، ثم عام ١٣٥٧هـ = ١٩٣٨م .

(١٦) « تسع رسائل في الحكمة والطبيعات » للشيخ الرئيس ابن سينا .

مطبعة هندية بالموسكى بمصر ، عام ١٣٢٦هـ = ١٩٠٨م ، ١٨٠ صفحة .

(١٧) كتاب « المعتبر » لأبي البركات هبة الله بن ملكا البغدادي

(توفي ٥٤٧ هـ)

مطبوعات دائرة المعارف العثمانية - حيدر آباد الدكن بالهند .

الجزء الأول : في الحكمة ، عام ١٣٥٧هـ = ١٩٣٨م ، ٢٩٤ صفحة .

الجزء الثاني : في الطبيعات ، عام ١٣٥٧هـ = ١٩٣٨م ، ٤٦٤ صفحة .

الجزء الثالث : في الحكمة الإلهية ، عام ١٣٥٨هـ = ١٩٣٨م ، ٢٥٦ صفحة .

(١٨) « المعتبر في الحكمة » لأبي البركات هبة الله بن ملكا البغدادي مخطوط مكتبة أحمد

الثالث باستانبول ، رقم ٣٢٢٢ ، ٢٢٥ ورقة .

(١٩) « المباحث المشرقية في علم الإلهيات والطبيعات » للإمام فخر الدين الرازي (توفي

٦٠٦ هـ)

الجزء الأول عام ١٣٤٣ هـ = ١٩٢٤م ، ٧٠٦ صفحة .

الجزء الثاني عام ١٣٤٣ هـ = ١٩٢٤م ، ٥٤٨ صفحة . دائرة المعارف العثمانية -

حيدر آباد الدكن بالهند .